

Permanent magnet machine with high efficiency transverse flux path:- has high density airgap flux, low leakage and convenient construction for cooling of superconducting materials

Veröffentlichungsnummer DE3927453
Veröffentlichungsdatum: 1991-02-21
Erfinder WEH HERBERT PROF DR ING (DE)
Anmelder: WEH HERBERT (DE)
Klassifikation:
- Internationale: H02K21/00; H02K41/03; H02K55/00
- Europäische: H02K21/24; H02K21/38; H02K55/02
Aktenzeichen: DE19893927453 19890819
Prioritätsaktenzeichen: DE19893927453 19890819

Zusammenfassung von DE3927453

A rotating electrical machine with stator (J) and rotor (R) elements has ring shaped windings (Wa') concentric with the machine's axis of rotation. Permanent magnets (Pv1 Pv2) of alter-nating polarity are set in the rotor (R) and provide the fixed field of the system.

Soft iron polepieces (Pa') set up a flux in the airgap separating rotor (R) and stator (J) which is transverse to the direction of rotor movement and whose mutual reaction with the fixed field generates the output torque of the machine.

USE/ADVANTAGE - Delivers increased power output per unit volume. Higher fux densuties in airgap obtainable within normal saturation limits of iron circuit. Overall iron and copper losses reduced . Superconducting materials using liq helium cooling can be conveniently employed. Weakage filds in interpolar regions are materially reduced by transverse plux path and shading devices.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①1 **DE 3927453 A1**

⑤1 Int. Cl. 5:
H02K 21/00
H 02 K 41/03
H 02 K 55/00

②1 Aktenzeichen: P 39 27 453.5
②2 Anmeldetag: 19. 8. 89
④3 Offenlegungstag: 21. 2. 91

DE 3927453 A1

⑦1 Anmelder:
Weh, Herbert, Prof. Dr.-Ing., 3300 Braunschweig, DE

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 **Permanenterregte Transversalfluß-(TF-)Maschine mit hochwirksamen Magnetkreisen**

Die Steigerung der Kraftwirkung bei permanenterregten Transversalflußmaschinen kann durch eine besondere Gestaltung der magnetischen Kreise erfolgen. Durch eine versetzte Anordnung kann unter Beibehaltung der ringförmigen Ankerwicklung der sonst vorhandene Zwischenraum für eine Verdoppelung der Kraftwirkung genutzt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, mehr als zwei Permanentmagnete je Magnetkreis, bei gleichzeitiger Erhöhung der Ankerdurchflutung anzuwenden. Auch für Sammleranordnungen und die Ausführung der Axialfeld-Maschine lassen sich die beschriebenen Möglichkeiten vorteilhaft anwenden. Durch supraleitende Feldblenden und supraleitende Ankerwicklungen ergeben sich weitere Effizienzsteigerungen.

DE 3927453 A1

Beschreibung

Die Entwurfsmerkmale von Transversalflußmaschinen sind vor allem durch die vorteilhaft hohen Kräfte je Volumeneinheit und die niedrigen Wicklungsverluste bestimmt. Ein Kennzeichen ist weiter die ringförmige Wicklung, die konzentrisch zur Welle angeordnet ist. Anders als bei Maschinen mit longitudinalem magnetischen Kreis stehen besonders die kleine Polteilung und die dadurch bedingten Auslegungsdaten im Vordergrund. In diesem Zusammenhang steht auch, daß der erzielbare Strombelag der Ankerwicklung trotz begrenzter Wicklungsdurchflutung außerordentlich hohe Werte annimmt. Hohe Polzahlen sind somit ein gewisses Auslegungsziel, wenn Maschinen mit kleinem Stromvolumen verwickelt werden sollen. Wie bei allen permanentenerregten Synchronmaschinen ist es vorteilhaft, Permanentmagnete mit hohen Remanenzinduktionen einzusetzen. Ihr Einbau in Rotor oder Stator dient der Erzeugung des magnetischen Leerlaufes in verlustloser und sehr raumsparender Weise. Für Motoren und Generatoren, die anspruchsvollen Betriebseigenschaften bei kleinen Abmessungen zu entsprechen haben, ist die Zielsetzung einer hohen Kraftdichte bei minimalen Wicklungsverlusten der Leitgedanke der Optimierung.

Die Begrenzung des Wicklungsvolumens für die Ankerspulen ist von Bedeutung, weil ein größeres Volumen auch größere Eisenmasse bedeutet und zusätzlich die Wärmeabfuhr von der Wicklung erschwert wird. Da es nicht möglich ist, eine Synchronmaschine ohne stromführende Wicklung zu konzipieren wird versucht, die stromführenden Querschnitte und das Wicklungsvolumen zu minimieren und die Elemente des magnetischen Kreises möglichst hoch auszunutzen. Eine hohe Ausnutzung bedeutet in diesem Sinne die Erzeugung einer großen Kraft je Magnetkreis.

Die so beschriebenen Maschinen sind im Vergleich zu den bisher bekannten Konfigurationen von Transversalflußmaschinen in technischer Hinsicht günstiger. Sie weisen bei gleicher Leistung kleinere Abmessungen auf und führen zu verbesserten Betriebsdaten, z.B. kleineren Verlusten. Die Baubarkeit für elektrische Antriebe und entsprechende Generatoren ist günstiger; ihr Einsatzfeld wird vorteilhaft erweitert.

Diesem Ziel dient die vorliegende Erfindung; sie wird anhand der Schutzansprüche und der nachfolgenden Beschreibung im einzelnen dargelegt. Die im folgenden aufgeführten Bilder dienen der Erläuterung des Erfindungsgedankens.

Fig. 1 Magnetischer Kreis mit Permanentmagneten im Rotor und Ankerwicklung zweiteilig.

Fig. 2 Magnetischer Kreis mit Permanentmagneten im Stator, Ankerwicklung einteilig.

Fig. 3 Draufsicht zu Fig. 2 und Fig. 3.

Fig. 4 Magnetischer Kreis mit versetzten Magneten und Polelementen.

Fig. 5 Draufsicht zu Fig. 4.

Fig. 6a Magnetischer Kreis mit Permanentmagneten in Sammleranordnung.

Fig. 6b Seitenansicht zu Fig. 6a.

Fig. 7 Magnetischer Kreis mit vier Permanentmagneten und verdoppelter Kraftbildung.

Fig. 8 Kombination von Magnetkreisen für eine Axialfeld-Anordnung.

Fig. 9 Draufsicht zu Fig. 8.

Fig. 10a Anordnung von Feldblenden an den Flanken der Polelemente.

Fig. 10b Alternative Anordnung von Feldblenden

parallel zur Luftspaltebene.

Beschreibung zur Lösung der Aufgabenstellung

1. Die Anordnung seitlich versetzter Magnetkreise und Permanentmagnete

Der magnetische Kreis von TF-Maschinen erscheint besonders zweckmäßig in Kombination mit ringförmigen Wicklungen, die konzentrisch zur Welle angeordnet sind. Wicklungen dieser Art weisen ein Minimum an Gesamtlänge auf und sind zur Führung der Ankerströme mit minimalen Verlusten geeignet. Abweichungen von der Ringform kommen dann vor, wenn am Umfang mehrere Wicklungsstränge in phasenversetzter Anordnung ausgeführt werden. Hierbei handelt es sich jeweils um eine geringe Zahl von Strängen, bevorzugt 2, 3 oder allenfalls 4. Die Ringspulen werden dann so modifiziert, daß zwei nebeneinanderliegende Statoreinheiten mit 180° Phasenverschiebung zum Einsatz kommen, deren Wicklungen an der Phasen-Trennstelle Querverbindungen erhalten. Auch für diesen Sonderfall bleiben somit die wesentlichen Merkmale der Ringwicklung erhalten. Dies gilt umso mehr, als die Maschinen mit hohen Polzahlen (größer 12) ausgeführt sind, so daß die an den Phasen-Trennstellen auftretenden Querverbindungen, ohne nennenswerte Einbuße an Wirkfläche, für die Krafterzeugung realisiert werden können.

Die im folgenden ausgeführten Optimierungsvorschläge gehen von der Normalform der konzentrischen Ringwicklung aus, schließen jedoch die erwähnte Modifikation mit ein.

Als Grundschemata einer Magnetkreiskonfiguration der bisher bekannten TF-Variante kann der Querschnitt des magnetischen Kreises nach Fig. 1 dienen. Hierbei ist ein doppelseitiger Anker mit einer äußeren Ringwicklung W_a' und das entsprechende Weicheisen-Polelement Pa' und ähnlich eine innere Ringwicklungshälfte W_a'' mit dem Polelement Pa'' vorgesehen. Sie bilden die aktiven Teile des äußeren Stators S' und des inneren Stators S'' . Der Rotor R wird gebildet durch die beiden Reihen Pr_1 und Pr_2 von Permanentmagneten, die hinsichtlich der Drehrichtung des Rotors mit alternierender Polarität aufgereiht sind und auch in der Querschnittsebene unterschiedliche Polarität aufweisen, und sich damit ergänzen. Die zu Fig. 1 und Fig. 2 gleichermaßen gültige Draufsicht ist durch Fig. 3 dargestellt. Hierbei ist das Muster der Magnetisierungsrichtungen der Permanentmagnete des Rotors erkennbar. Die gezeichnete Stellung ist die des maximalen magnetischen Leerlaufes, der durch die Magnete erzeugt wird. Die Pfeilrichtung von Fig. 1 zeigt die Richtung des Feldes für die in Bild 3 dargestellte Überdeckung von Polelementen und Magneten. Alle Polelemente führen Fluß gleicher Richtung. Der maximale Wert, der durch Wechselwirkung mit den Ankerströmen erzeugten Kraft, kommt etwa zustande, wenn die Permanentmagnete um eine halbe Polteilung, also um $T/2$ verschoben sind. Der Strom der Ankerwicklung wechselt im Rhythmus der Polteilung T seine Richtung. Die in Fig. 3 gezeichnete Stellung entspricht einer Kommutierungsstellung. Der Strom hat annähernd die Form eines rechteckförmigen Verlaufs. Das dargestellte Prinzip entspricht einer einsträngigen elektrischen Maschine. Durch die Kombination mehrerer Einheiten, die möglichst auf einen gemeinsamen Rotor wirken sollten, lassen sich mehrsträngige drehstromähnliche Maschinensysteme bilden. Es ist sehr vorteilhaft, daß dabei die

einzelnen Teilmaschinen induktiv nicht miteinander gekoppelt sind.

Fig. 2 zeigt eine zur Fig. 1 alternative Konfiguration. Sie ist elektromagnetisch gleichwertig, wenn die Wicklung Wa mit gleichem Querschnitt den gleichen Gesamtstrom führt, wie die beiden Teilwicklungen Wa' und Wa''. Ein wichtiger Unterschied besteht jedoch darin, daß die Permanentmagnete mit ihren Reihen Pr1 und Pr2 nun gemeinsam mit der Wicklung den Stator S bilden, während die Weicheisen-Polelemente Pa' und Pa'' nun zum Rotor R gehören und umlaufen. Beide beschriebenen Varianten lassen sich auch bei einer Drehung um 90° zu praktisch anwendbaren elektrischen Maschinen integrieren. Für deren praktische Ausführung mag die eine oder andere Konfigurationsvariante größere Vorteile aufweisen. Für die Beschreibung des Erfindungsgedankens wird davon ausgegangen, daß für das grundsätzliche elektromagnetische Verhalten gleichwertige Lösungen bestehen. Es wird im folgenden nur von der Variante Fig. 2 gesprochen.

Charakteristisch für die beschriebene Maschinenvariante nach Fig. 2 ist die Kraftbildung unter dem feldführenden Polelement. Da diese so angeordnet sind, daß sie gleiche Kräfte mit gleichem magnetischen Fluß erzeugen, müssen sie im Abstand $2T$ stehen, so daß jeweils der Raum eines dazwischenliegenden Magneten für die Kraftbildung ungenutzt bleibt. Es wird offenbar durch Maschinen dieses Konzepts zwar eine hohe Kraftdichte, nicht aber das denkbar höchste Maß an erzielbarer Kraft erreicht.

Die dem Polelement-Zwischenraum entsprechende Strecke der Ankerwicklung Wa ist nicht an der Kraftbildung beteiligt, da ein entsprechender magnetischer Kreis nicht vorhanden ist. Da an der vorteilhaften Wicklungsform (geradliniger Verlauf in Fig. 3) festgehalten werden soll, bietet sich zur Nutzung des Zwischenraums ein seitlich versetzter magnetischer Kreis an, siehe Fig. 5. Die dort gezeichneten beiden Reihen versetzter magnetischer Kreise mit entsprechend versetzten Reihen von Permanentmagneten ergeben eine Verdoppelung der Kraftwirkung. Die entsprechenden Polelemente sind links mit Pa1' und Pa1'' und rechts mit Pa2' und Pa2'' bezeichnet. Für die Reihen der Permanentmagnete links stehen Pr1' und Pr1'', während rechts die Reihen Pr2' und Pr2'' stehen. Sie sind jeweils in alternierender Anordnung zu sehen.

Für jede Reihe von Polelementen und die zugeordneten Permanentmagnete entstehen dabei analoge Verhältnisse, wie im Falle der Fig. 3. Der Fig. 5 ist auch zu entnehmen, daß alle magnetischen Flüsse in gleiche Richtung zeigen und bei gegebenem Ankerstrom zu einem gleichgerichteten Kraftbeitrag führen. Ohne daß die Größe des Stromes geändert würde ergibt sich eine Verdoppelung der Kraft. Da sich zwischen den Polelementen in Folge gleicher magnetischer Bedingungen ein Streufluß nicht ausbildet weil beide magnetischen Spannungen bei identischer Auslegung von Magneten und Polelementen gleich groß sind, entstehen keine nachteiligen Wirkungen, die eine Verminderung der Kraftbildung zur Folge hätten.

Im Vergleich zu einer Verdoppelung der Anordnung nach Fig. 2 weist Fig. 4 den Vorteil auf, daß die Wicklung ihr Volumen beibehält und nur die Permanentmagnete sowie die Zahl der Polelemente zu verdoppeln ist. Die vergrößerte seitliche Ausdehnung der Anordnung nach Fig. 4 bedeutet eine Vergrößerung des Statorvolumens von weniger als 100%.

Die so beschriebene Anordnung erweist sich in all

den Fällen als überlegen, wo die Höhe der Magnetkreisanordnung h_s begrenzt ist. Dies kann z.B. durch die Festlegung eines minimalen Einbaudurchmessers der Maschine vorgegeben sein.

Die beschriebene Magnetkreisoptimierung durch Anordnung zweier seitlich versetzter Reihen von Permanentmagneten und Polelementen ist sinngemäß übertragbar auf die Anwendung von Magneten in Sammler-Konfiguration entsprechend DE 37 05 089.C2. Die Bilder 6a und 6b zeigen am Beispiel des nicht versetzten magnetischen Kreises die Geometrie des Wandlers mit Sammler-Magneten. Gegenüber der Fig. 2 sind nun die Permanentmagnete P1 und P2 um 90° gedreht, mit größerem Querschnitt ausgeführt und mit Weicheisenelementen E kombiniert. Die Polelemente Pa'' sind gegenüber Pa' um eine Polteilung T versetzt angeordnet. Beide Elemente führen den gleichen magnetischen Fluß. Der Vorteil der dargestellten Sammleranordnung besteht gegenüber der Anordnung nach Fig. 2 in der Möglichkeit kleinere Polteilungen auszuführen und die erforderliche Statordurchflutung zu verkleinern. Insbesondere für Maschinen kleinerer und mittlerer Leistungen ergeben sich dadurch günstigere Auslegungsbedingungen; kleinere Abmessungen und Verluste sind die Folge. Auch auf die Magnetvariante der Sammler-Maschinen läßt sich das Verfahren der versetzten Polelemente vorteilhaft anwenden.

2. Magnetkreisoptimierung durch Erhöhung der Zahl wirksamer Permanentmagnete

Um eine Erhöhung der Kraftwirkung bei einem magnetischen Kreis zu erreichen, wird der Weg beschritten, die Zahl der krafterzeugenden Magnete zu erhöhen, Fig. 7. Wenn es gelingt, unter Beibehaltung der Feldverhältnisse, die Zahl der Magnete, z.B. wie gezeichnet von 2 auf 4 zu erhöhen, verdoppelt sich die Gesamtkraft. Hierzu ist notwendig, daß zur Aufrechterhaltung der Feldstärken die hinzugebrachten Permanentmagnete P3 und P4 gleiche Abmessungen und gleiche Eigenschaften (B(H)-Kennlinie) besitzen wie die Magnete P1 und P2 und daß die sonstigen geometrischen Abmessungen (Spalt- und Durchtrittsfläche des magnetischen Flusses der Weicheisenbereiche) gleich sind. Um auch gleiche Felddichten durch die von der Ankerwicklung Wa erzeugte Komponente zu erzielen, muß die Ankerdurchflutung im Verhältnis 4:2, also um den Faktor 2 vergrößert werden. Die Anordnung der Magnete innerhalb des magnetischen Kreises ist weitgehend freizügig, solange gleichartige Feldverhältnisse an allen Stellen vorliegen. Entscheidend für die Platzierung sind konstruktive Gesichtspunkte für die mechanische Integration und Befestigung der Komponenten. Bei der Unterteilung in einzelne Magneteinheiten ist zu berücksichtigen, daß nur eine bestimmte Mindesthöhe der Permanentmagnete realisierbar ist. Bei zu großen Relationen Magnethöhe zu Polteilung entsteht eine Reduktion der mittleren Felddichte (durch Ausbauchen der Feldlinien). Es ist deshalb notwendig, die Höhe der Magnete zu begrenzen und die Kraftwirkung durch eine größere Zahl von Magneteinheiten zu vergrößern. Zwischen den Magneten P2, P3 und P4 werden die Weicheisen-Zwischenelemente Pg1 und Pg2 eingefügt. Sie dienen der Ausrichtung und Homogenisierung des Feldes und werden mit der Rotorstruktur R verbunden. Die Anordnung nach Fig. 7 mit einer vergrößerten Zahl von Permanentmagneten ist ein wirksames Mittel zur Erhöhung der Effizienz der Energiewandlung mit dem Einsatz be-

grenzter Mittel. Hierbei wird zwar zusätzlich zur Erhöhung zur Zahl der Permanentmagnete Wicklungsquerschnitt und Wicklungsvolumen vergrößert, es ist jedoch ersichtlich, daß die Weicheisenmasse sich dabei nur begrenzt vergrößert. Insbesondere bei der Anwendung von Wicklungen mit hoher Stromdichte, etwa bei der Verwendung von Supraleitern mit einer sehr wirksamen direkten Leiterkühlung läßt sich die erforderliche Erhöhung der Wicklungsdurchflutung günstig mit kleinen bzw. verschwindenden Verlusten und geringem Querschnitt realisieren. Die Optimierung wird dann mit Rücksicht auf die im Eisenkreis entstehenden Verluste (durch Ummagnetisierung) und dem Ziel erfolgen, daß dieser Eisenkreis besonders stark zur Energiewandlung genutzt wird. Die Fig. 7 stellt hierfür ein entsprechendes Beispiel dar, wobei anstelle der gezeichneten 4 Permanentmagnete auch irgendeine andere Zahl größer als 2 verwendet werden könnte.

Es soll betont werden, daß das Verfahren der Magnetkreisoptimierung durch vergrößerte Zahl der Magnete auch kombinierbar ist mit den oben beschriebenen Verfahren der Anordnung versetzter magnetischer Kreise, etwa nach Bild 5. Weiter gilt, daß auch die Anwendung der Magnete in der Form der Sammler-Anordnung entsprechend Fig. 6a und 6b in einer der Fig. 7 ähnlichen Konfiguration ausgeführt werden kann.

Schließlich sei durch die Fig. 8 und die Fig. 9 an einem Beispiel darauf hingewiesen, daß auch bei der Ausführung von Axialfeldmaschinen der Erfindung gemäß entsprechende Magnetkreis-Konfigurationen eingesetzt werden können. Die Anordnung nach Fig. 8 und Fig. 9 enthält den durch Fig. 4 und Fig. 5 beschriebenen Erfindungsgedanken für die Ausführung des mittleren Magnetkreises. Es sind nun zwei Rotoreinheiten R1 und R2 mit drei Statoreinheiten Sl, Sm und Sr im Eingriff. Um die Kraftwirkung des einsträngigen Systems weiter zu erhöhen, sind die Rückschlüsse für das magnetische Feld Sl und Sr aktiv, d.h. mit einer Wicklung ausgeführt. Die äußeren Statorteile weisen eine einfache Kraftbildung auf, während das Mittelteil eine doppelseitige Kraftwirkung ergibt. Die beiden Bilder zeigen, daß durch Kombination mehrerer Einheiten eine Kraftsteigerung bei günstiger Ausnutzung der vorhandenen Magnetanordnung erzielbar ist. Letztere ist dafür auszulegen, daß die vorhandenen Spalte und Weicheisen-Anteile magnetisiert werden können; Ähnliches gilt bei der Festlegung der Querschnitte für die Ankerdurchflutung.

3. Feldblenden zur Unterdrückung der Zwischenraumfelder

Für die neuen Vorschläge zur Verbesserung der Wechselwirkung zwischen dem magnetischen Feld und dem elektrischen Strom mit dem Ziel einer volumen- und verlustsparenden Krafterzeugung ist zusätzlich die Anwendung von Feldblenden zur Unterdrückung des Feldes in den Zwischenräumen der Polelemente nahe dem Luftspalt hilfreich. Es kann gezeigt werden, daß bei feldfreien Zwischenräumen ein Maximalwert der Kraft erreicht werden kann. Als Feldblenden eignen sich besonders solche Materialien, die bei wechselndem magnetischen Feld nur geringe Verluste aufweisen und deren Funktion auch bei Frequenz null gesichert ist. Diese Eigenschaften zeichnen insbesondere Supraleiter aus. Sie lassen sich als Flachmaterial oder in der Form dünner Spulen anwenden und sind besonders dann geeignet, wenn hohe Stromdichten im Leitermaterial bei bestimmten Fremdfeldern Verwendung finden können.

Hierbei sollte der für die Anwendung der Kühlung notwendige Raum begrenzt sein; die Blenden sollten nahe dem Weicheisen-Material angeordnet werden können. Dies ist umso eher möglich, je wirksamer die Kühlung und je höher die Temperatur der Blenden sein darf. Hochtemperatur-Supraleiter mit Kühlmitteltemperaturen nahe dem Gefrierpunkt kommen dieser Idealvorstellung deutlich näher als metallische Supraleiter, die mit flüssigem Helium gekühlt werden.

Die ideale Anordnung der Feldblenden im Bereich der Polelemente kann der Darstellung von Fig. 10a entsprechen. Die Blenden B1 sind direkt mit den Flanken der Polelemente Pa verbunden. In Fig. 10b sind die Schirme B2 parallel zur Luftspaltebene angeordnet, wobei etwa gleiche Wirksamkeit für die Unterdrückung der Zwischenraumfelder erzielt wird.

Die beschriebenen Maßnahmen der Effizienzsteigerung für die Wirksamkeit von magnetischen Feldern in TF-Maschinen sind für rotierende und linear wirkende Anordnungen in gleicher Weise gültig.

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine bestehend aus beweglichem und feststehenden Teil, der eine Ankerwicklung in einer der Ringwicklung weitgehend entsprechenden Form trägt, Permanentmagneten zur Erregung des Leerlaufes eingesetzt werden sowie Weicheisen-Polelemente, die magnetischen Fluß quer zur Bewegungsrichtung führen, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung einer verstärkten Kraftwirkung eine versetzte Anordnung von Polelementen, die zur gleichen Ankerwicklung gehören in Wechselwirkung mit zwei Doppelreihen alternierender Permanentmagnete und/oder durch Vielfachanordnung, d.h. von mehr als zwei Permanentmagneten je Magnetkreis eine Kraftsteigerung erfolgt.
2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß anstelle der Permanentmagnete in der Ebene parallel zum Luftspalt eine Sammler-Magnetanordnung, bestehend aus Permanentmagneten mit größerem Querschnitt und um 90° gedrehter Lage zusammen mit dazwischengeschaltetem Weicheisenteil verwendet werden.
3. Elektrische Maschine nach obigen Ansprüchen dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetkreis-anordnung einer Axialfeldmaschine entspricht.
4. Elektrische Maschine nach obigen Ansprüchen dadurch gekennzeichnet, daß die Permanentmagnete bzw. die Sammleranordnung im feststehenden Maschintenteil untergebracht ist.
5. Elektrische Maschine nach obigen Ansprüchen dadurch gekennzeichnet, daß die Axialfeldanordnung um weitere Statoreinheiten ergänzt wird, die mit gleichphasigem Strom betrieben werden.
6. Elektrische Maschine nach obigen Ansprüchen dadurch gekennzeichnet, daß Spulen zur Anwendung für die Ankerwicklung herangezogen werden, die einem mehrsträngigen System am gleichen Umfang entsprechen und deren ringförmige Leiterteile zur Magnetisierung der Polelemente verwendet werden.
7. Elektrische Maschine nach obigen Ansprüchen dadurch gekennzeichnet, daß supraleitende Blenden, die nahe an die Polelementflanken und nahe an die Luftspaltebene heranreichen, verwendet werden.

8. Elektrische Maschine nach obigen Ansprüchen dadurch gekennzeichnet, daß die Ankerspulen durch Supraleiter gebildet und mit einer Kühlmitteltemperatur höher als 4,2 K betrieben werden.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

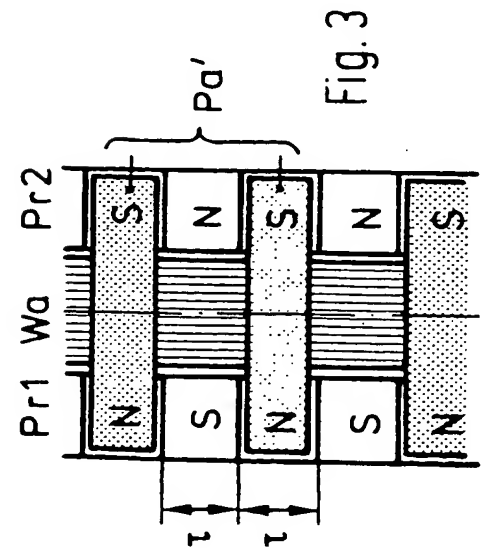
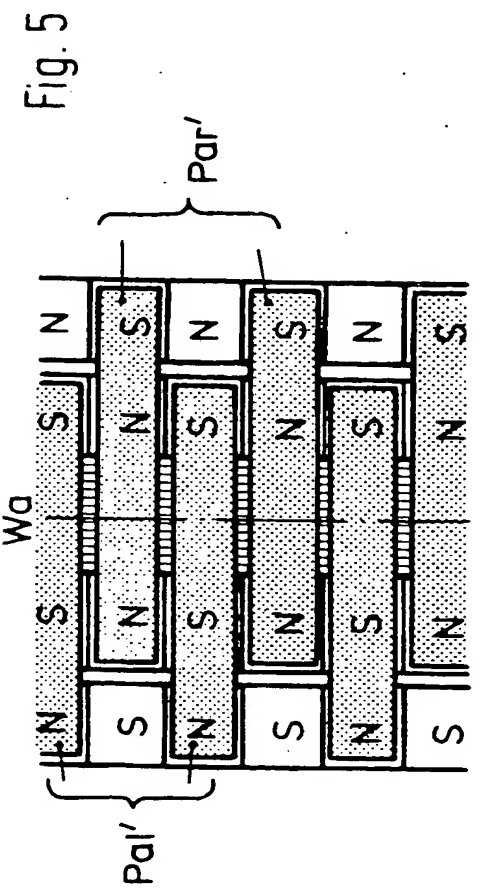
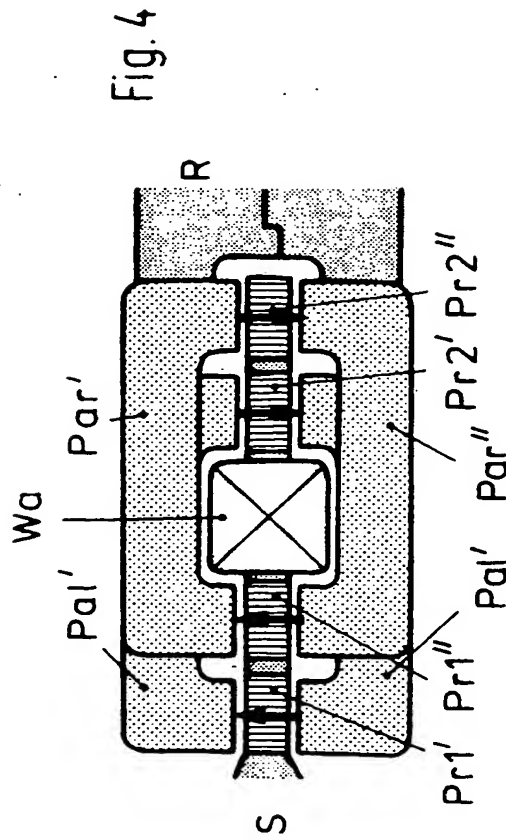
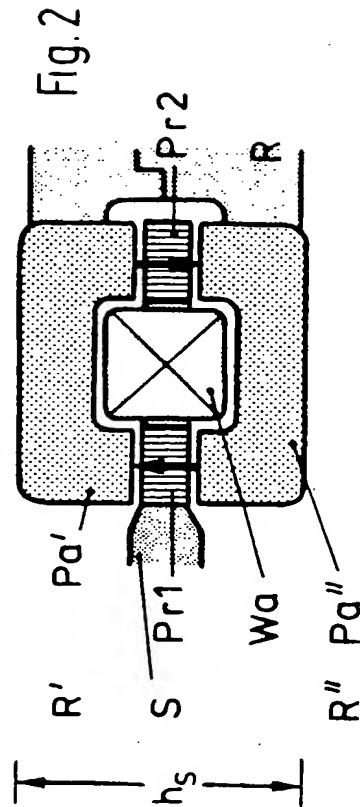
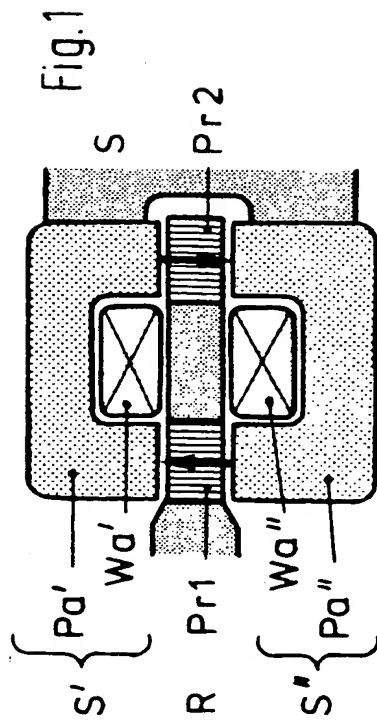
50

55

60

65

— Leerseite —



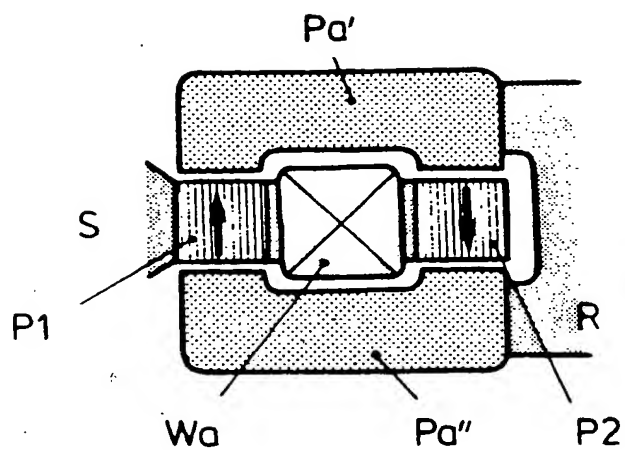


Fig. 6a

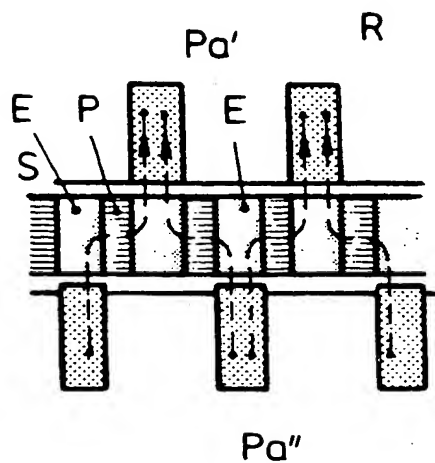


Fig. 6b

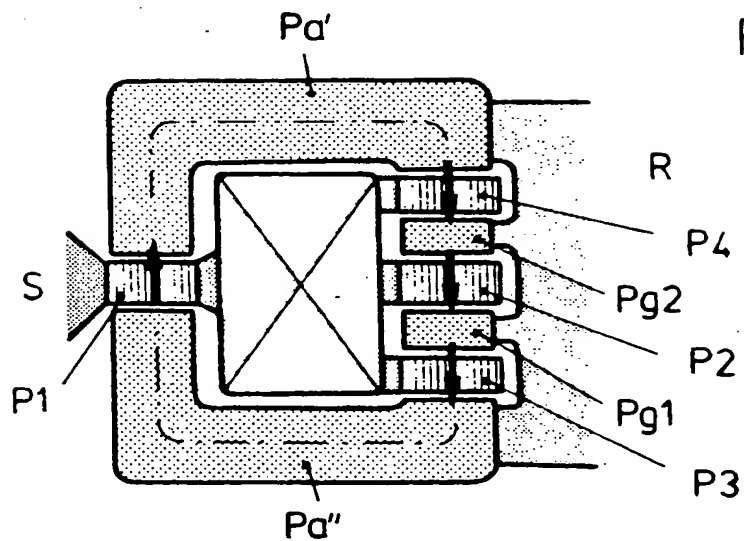


Fig. 7

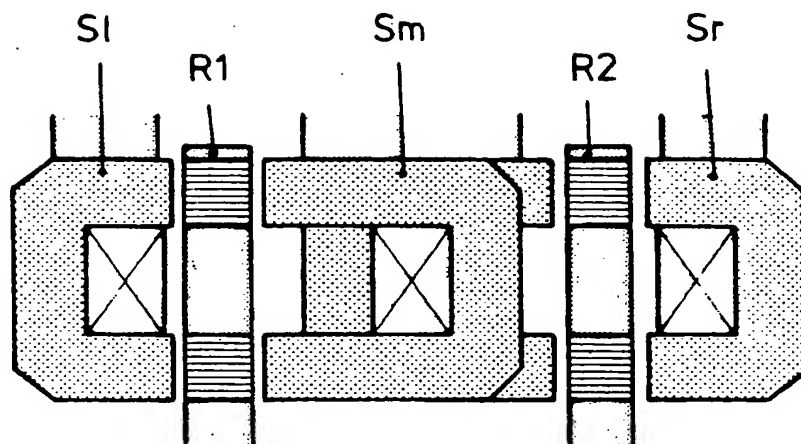


Fig. 8

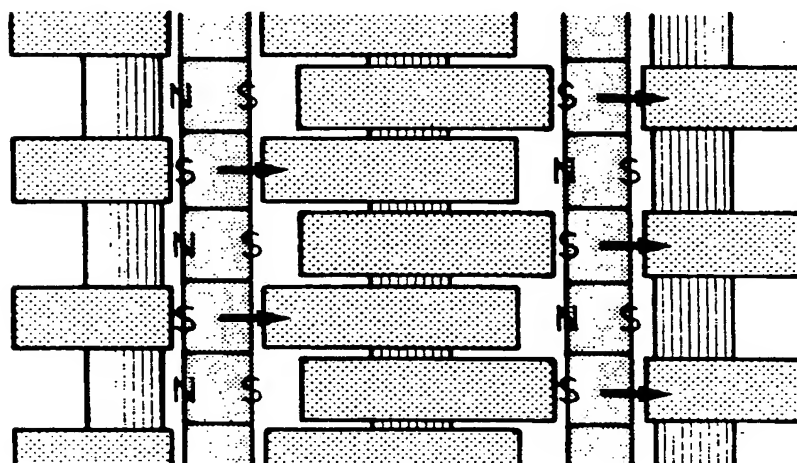


Fig. 9

Fig. 10a

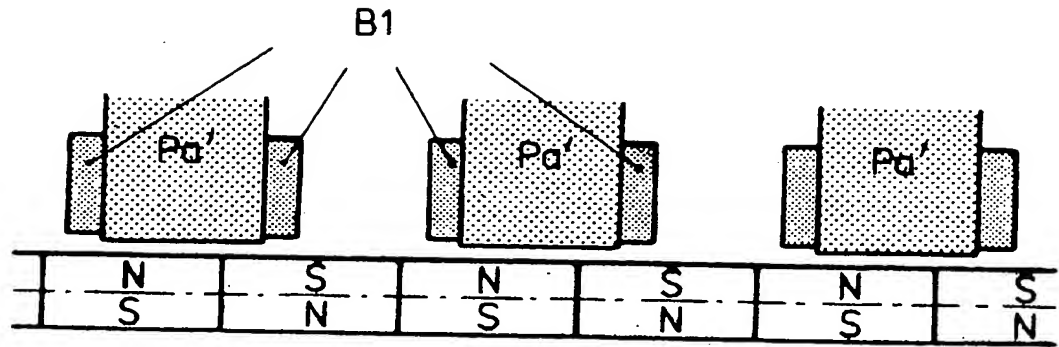


Fig. 10b

